

10 / 532122

22 APR 2005

PCT/JP03/11961

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

20.10.03 RECEIVED
04 DEC 2003
WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 8 月 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 8 7 5 7 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 8 7 5 7 6]

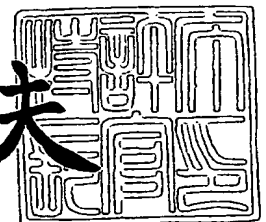
出 願 人 科学技術振興事業団
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 1 1 月 2 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 MP030609
【あて先】 特許庁長官殿
【発明者】
 【住所又は居所】 三重県四日市市河原田町 2 2 2 0
 【氏名】 前田 佳伸
【特許出願人】
 【識別番号】 396020800
 【氏名又は名称】 科学技術振興事業団
【代理人】
 【識別番号】 100085361
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 池田 治幸
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 007331
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

入力光伝送路から入力された光信号を記憶するとともに任意の時間に取り出すことが可能な光信号記憶装置であって、

前記入力光伝送路から入力された光信号を該入力信号に含まれる伝送先に対応し且つ前記光信号と同じ又は異なる波長に変換するための制御光を発生する制御光発生装置と、

前記入力された光信号と制御光とを受け、該入力された光信号を該制御光の波長の光信号に変換して出力する相互利得変調型波長変換装置と、

該相互利得変調型波長変換装置から出力された光信号を該光信号の波長に応じて分配する光分配器と、

該光分配器により分配された記憶用波長の光信号を一時的に記憶する光バッファメモリ素子と、

該光バッファメモリ素子から出力された光信号を前記相互利得変調型波長変換装置へ再び入力させるために、該光信号を前記入力光伝送路へ帰還させる光帰還伝送路と、

前記相互利得変調型波長変換装置、光分配器、光バッファメモリ素子、および該光帰還伝送路を繰り返し周回させられる光信号を該相互利得変調型波長変換装置において出力用波長に変換するための制御光を前記制御光発生装置から発生させる光信号記憶制御手段とを、含むことを特徴とする光信号記憶装置。

【請求項 2】

前記周回させられる光信号のゲインの増減を抑制するように、前記光帰還伝送路により帰還させられる光信号、または前記相互利得変調型波長変換装置に供給される制御光を制御する光信号ゲイン制御手段を、さらに含むものである請求項 1 の光信号記憶装置。

【請求項 3】

前記相互利得変調型波長変換装置は、前記光信号をバイアス光の波長に変換して反転させる第 1 光増幅素子と、該第 1 光増幅素子により反転させられた光信号を前記制御光の波長に変換して反転させる第 2 光増幅素子とを備えたものであり、

前記光信号ゲイン制御手段は、第 2 光増幅素子からの出力光に含まれるバイアス光のゲインの増減に基づいて光帰還伝送路により帰還させられる光信号を制御するものである請求項 2 の光信号記憶装置。

【請求項 4】

前記光信号ゲイン制御手段は、前記バイアス光と該バイアス光とは異なる波長の定常光であるゲイン制御光とを受けて該バイアス光のゲインの増加に伴ってゲインが減少するゲイン制御光を出力する第 1 ゲイン制御用光増幅素子と、該第 1 ゲイン制御用光増幅素子からの出力光と前記光帰還伝送路により帰還させられる光信号とを受けて該ゲイン制御光の減少に伴ってゲインが増加する光信号を出力する第 2 ゲイン制御用光増幅素子とを含むものである請求項 3 の光信号記憶装置。

【請求項 5】

前記第 1 ゲイン制御用光増幅素子および／または第 2 ゲイン制御用光増幅素子は、希土類元素が添加された光ファイバ増幅素子または光導波路増幅素子から構成されたものである請求項 4 の光信号記憶装置。

【請求項 6】

前記光信号ゲイン制御手段は、前記周回させられる光信号のゲインを一定に維持するように、前記光帰還伝送路により帰還させられる光信号のゲインの増減に基づいて、前記相互利得変調型波長変換装置に供給される制御光のゲインを制御する光学的演算制御装置を含むものである請求項 2 の光信号記憶装置。

【請求項 7】

前記制御光発生装置を制御するための電子制御装置と、

前記光分波器により分岐された光信号を電気信号に変換して前記電子制御装置へ供給する光電信号変換器と、

該光分波器よりも下流側に設けられ、該光分波器を通過して前記相互利得変調型波長変

換装置に入力させる光信号を遅延させる光遅延素子とを備え、

前記電子制御装置は、外部から供給されるか或いは前記光信号に含まれる記憶信号出力情報が示す出力時期に应答して、前記光信号を出力用波長に変換するための制御光を前記制御光発生装置から発生させるものである請求項 1 乃至 4 のいずれかの光信号記憶装置。

【請求項 8】

外部から供給されるか或いは前記光信号に含まれる記憶信号出力情報が示す出力時期に应答して、前記光信号を出力用波長に変換するための制御光を前記制御光発生装置から発生させる全光学的演算制御装置を備えたものである請求項 1 乃至 4 のいずれかの光信号記憶装置。

【請求項 9】

前記相互利得変調型波長変換装置は、入力された光をクロスゲイン変調特性を利用して増幅および波長変換して出力する単一または直列に接続された複数の光増幅素子を備え、前記光信号に含まれる行先情報に対応する制御光が入力されると、その制御光と同じ波長の光信号を出力するものである請求項 1 乃至 8 のいずれかの光信号記憶装置。

【請求項 10】

前記相互利得変調型波長変換装置は、

入力された光をクロスゲイン変調特性を利用して増幅および波長変換して出力するために直列配置された第 1 光増幅素子および第 2 光増幅素子と、

第 1 波長の光信号と、該第 1 波長とは異なる第 2 波長の連続光である第 2 入力光とを合波して前記第 1 光増幅素子に入力させる第 1 光合波器と、

前記第 1 光増幅素子からの光から前記第 2 波長の光を選択する第 1 波長選択素子と、

該第 1 波長選択素子により選択された第 2 波長の光と第 3 波長の制御光とを合波して前記第 2 光増幅素子へ入力させる第 2 光合波器とを、含み、

前記第 2 光増幅素子は、前記制御光と同じ波長の光を出力することを特徴とする請求項 9 の光信号記憶装置。

【請求項 11】

前記第 1 光増幅素子において、前記第 2 波長は前記第 1 波長の第 1 入力光の周囲光の波長域内の波長であり、前記第 2 光増幅素子において、前記第 3 波長は、前記第 2 波長光の入力光の周囲光の波長域内の波長である請求項 10 の光信号記憶装置。

【請求項 12】

前記光増幅素子または第 1 光増幅素子および第 2 光増幅素子は、p n 接合から構成される活性層を備えた半導体光増幅素子である請求項 8 乃至 10 または 11 のいずれかの光信号記憶装置。

【請求項 13】

前記半導体光増幅素子の活性層は、量子井戸、量子細線、歪み超格子、または量子ドットから構成されたものである請求項 12 のいずれかの光信号記憶装置。

【請求項 14】

前記第 1 波長選択素子は、導波路内の光伝播方向において屈折率が周期的に変化させられたグレーティングフィルタ、屈折率が異なる多数組の層が積層されて成る多層膜フィルタ、フォトリソニックバンドギャップを有するフォトリソニッククリスタルのいずれかから構成されたものである請求項 10 または 11 の光信号記憶装置。

【請求項 15】

前記光増幅素子または前記第 1 光増幅素子および第 2 光増幅素子は、希土類元素が添加された光ファイバ増幅素子または光導波路増幅素子から構成されたものである請求項 9 乃至 11、14 のいずれかの光信号記憶装置。

【請求項 16】

前記光分配器は、前記相互利得変調型波長変換装置から出力された出力光が入力されると、該入力された出力光を前記複数の光伝送路のうち前記制御光の波長に対応する光伝送路へ選択的に分配するものである請求項 1 乃至 15 のいずれかの光信号記憶装置。

【請求項 17】

前記光分配器は、入力ポートに接続された第1スラブ導波路と、複数の出力ポートに接続された第2スラブ導波路と、それら第1スラブ導波路および第2スラブ導波路の間に設けられた長さの異なる複数のアレー導波路とを備え、該入力ポートに入力された入力光をその波長毎に前記複数の出力ポートへ分配するアレー導波路格子型分波器である請求項16の光信号記憶装置。

【請求項 18】

前記光分配器は、導波路内の光伝播方向において屈折率が周期的に変化させられたグレーティングフィルタ、屈折率が異なる多数組の層が積層されて成る多層膜フィルタ、フォトリックバンドギャップを有するフォトリッククリスタルのいずれかから構成されたものである請求項16または17の光信号記憶装置。

【請求項 19】

請求項1乃至18のいずれかの光信号記憶装置を備え、

前記光信号記憶制御手段により前記相互利得変調型波長変換装置において出力用波長に変換された光信号は、前記光分配器によって光分波および／または光合波のための伝送路へ分配されるものである光信号記憶機能を備えた光合波／分波装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】光信号記憶装置および光信号記憶機能を備えた光合波／分波装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバなどの所定の伝送路を介して伝播した光信号を記憶すると共に任意の時間に取り出すことを可能とする光信号記憶装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

広帯域、高速且つ高容量の信号伝送が可能な光通信の分野において、光信号（たとえばパケット信号などの光データ）の識別、多重や分離、スイッチング、ルーティング（転送、分配）がその広帯域、高速且つ高容量といった性質を損わないようにして行われることが期待されている。このような光の領域では、たとえばフォトニックルータシステムに代表される光信号を処理する光信号処理システムの全般において、光信号を一時的に記憶し且つ所望のタイミングで取り出すことができる光信号記憶装置が求められている。エレクトロニクス分野の信号処理においてメモリが必須であると同様に、光信号処理分野においても光メモリ、光バッファと称される光信号記憶装置が必要不可欠であるからである。

【0003】

これに対し、たとえば特許文献1に記載されているような、光メモリ装置が提案されている。これによれば、複数種類の遅延時間を与えるために長さの異なる光ファイバからそれぞれ構成された複数の光導波手段105～108が用意されており、その光導波手段105～108のいずれかを通過させることでその光導波手段105～108のいずれかの伝播時間に対応する遅延時間だけ、光信号を記憶させることができるように構成されている。

【特許文献1】特開平8-204718号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来の光メモリ装置では、光信号が伝播させられる光導波手段105～108のいずれかの伝播時間に対応する遅延時間だけ、その光信号の記憶時間が予め決定されるに過ぎず、任意のタイミングで光信号を取り出すことができないことから、光信号の処理の自由度が制限されて信号処理効率が低くなることが避けられなかった。

【0005】

本発明は以上の事情を背景として為されたものであり、その目的とするところは、光信号を記憶し且つ任意の時間にそれを取り出すことができる光信号記憶装置およびそれを備えた光合波／分波装置を提供することにある。

【0006】

本発明者は、光機能素子の研究を重ねるうち、半導体光増幅素子や希土類元素添加ファイバンプなどの光増幅素子において、所定波長 λ_1 の入力光の周囲波長の自然放出光が、その入力光の強度変化に应答して強度変化し、その変化は入力光の信号強度変化に対して逆の強度変化をする（相互利得変調特性、クロスゲイン変調特性）点、および、その自然放出光の波長域内すなわち入力光の周囲波長域内の他の波長 λ_2 のレーザ光を上記入力光に重畳させて入射させると、上記自然放出光の信号（振幅）変化は維持されつつ、全体の強度が急激に増加するという現象すなわちレーザ誘導光信号増強効果（Laser-induced signal enhancement effect）を見いだした。そして、そのような現象を有する光増幅素子が、波長 λ_1 から λ_2 への波長変換機能として機能し、その波長変換機能と入力波長に応じて異なる出力伝送路へ分配する分波器とを組み合わせ、光信号が周回する環状伝送路内に介そうすることにより、周回させられることにより記憶されている光信号を任意の時間に取り出すことが可能である点を見いだした。本発明はかかる知見に基づいて為されたものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

すなわち、上記課題を解決するための本発明の要旨とするところは、入力光伝送路から入力された光信号を記憶するとともに任意の時間に取り出すことが可能な光信号記憶装置であって、(a) 前記入力光伝送路から入力された光信号を該入力信号に含まれる伝送先に対応し且つ前記光信号と同じ又は異なる波長に変換するための制御光を発生する制御光発生装置と、(b) 前記入力された光信号と制御光とを受け、該入力された光信号を該制御光の波長の光信号に変換して出力する相互利得変調型波長変換装置と、(c) その相互利得変調型波長変換装置から出力された光信号を該光信号の波長に応じて分配する光分配器と、(d) その光分配器により分配された記憶用波長の光信号を一時的に記憶する光バッファメモリ素子と、(e) その光バッファメモリ素子から出力された光信号を前記相互利得変調型波長変換装置へ再び入力させるために、該光信号を前記入力光伝送路へ帰還させる光帰還伝送路と、(f) 前記相互利得変調型波長変換装置、光分配器、光バッファメモリ素子、および該光帰還伝送路を繰り返し周回させられる光信号を該相互利得変調型波長変換装置において出力用波長に変換するための制御光を前記制御光発生装置から発生させる光信号取出制御手段とを、含むことにある。

【発明の効果】

【0008】

上記発明によれば、前記相互利得変調型波長変換装置、光分配器、光バッファメモリ素子、および該光帰還伝送路を繰り返し周回させられる光信号は、光信号取出制御手段により相互利得変調型波長変換装置において出力用波長に変換されると、分配器によりその出力用波長に基づいて取出用伝送路へ分配されることによって、任意のタイミング（取出し時刻）において時間光信号が取り出される。この取出用伝送路は、たとえば、取り出した光信号を合波処理（所謂光アド処理）或いは分波処理（所謂光ドロップ処理）するための用意されたものである。

【0009】

ここで、上記第1発明において、好適には、上記光信号記憶制御手段は、前記相互利得変調型波長変換装置へ入力される光信号の波長を記憶用波長へ変換するための制御光を前記制御光発生装置から発生させる。このようにすれば、入力された光信号が相互利得変調型波長変換装置において記憶用波長に変換されることにより、相互利得変調型波長変換装置、光分配器、光バッファメモリ素子、および光帰還伝送路を繰り返し経由する周回伝送路において周回させられることにより、その光信号の記憶が開始される。

【0010】

また、好適には、前記周回させられる光信号のゲインの増減例えば増加または減衰を抑制するように、前記光帰還伝送路により帰還させられる光信号、または前記相互利得変調型波長変換装置に供給される制御光を制御する光信号ゲイン制御手段が、さらに含まれる。このようにすれば、光信号の周回による減衰が防止されるので、その光信号のゲインが一定に維持される。

【0011】

また、好適には、前記相互利得変調型波長変換装置は、前記光信号をバイアス光の波長に変換して反転させる第1光増幅素子と、その第1光増幅素子により反転させられた光信号を前記制御光の波長に変換して反転させる第2光増幅素子とを備えたものであり、前記光信号ゲイン制御手段は、第2光増幅素子からの出力光に含まれるバイアス光のゲインの増減に基づいて光帰還伝送路により帰還させられる光信号を制御するものである。例えばバイアス光のゲインの増加または減少に基づいて光帰還伝送路により帰還させられる光信号を減衰または増幅する。このようにすれば、光帰還伝送路により帰還させられる光信号が光信号ゲイン制御手段により増幅されることによってその光信号の周回による減衰が防止されるので、その光信号のゲインが略一定に維持される。

【0012】

また、好適には、前記光信号ゲイン制御手段は、前記バイアス光とそのバイアス光とは異なる波長の定常光であるゲイン制御光とを受けて該バイアス光のゲインの増加に伴って

ゲインが減少するゲイン制御光を出力する第1ゲイン制御用光増幅素子と、その第1ゲイン制御用光増幅素子からの出力光と前記光帰還伝送路により帰還させられる光信号とを受けて該ゲイン制御光の減少に伴ってゲインが増加する光信号を出力する第2ゲイン制御用光増幅素子とを含むものである。このようにすれば、全光学的処理により、記憶のために周回させられる光信号のゲインが一定に維持される。

【0013】

また、好適には、上記第1ゲイン制御用光増幅素子および/または第2ゲイン制御用光増幅素子は、希土類元素がドープされることにより3準位系または4準位系のエネルギー準位が構成された光透過媒体から成る光増幅素子から構成される。このような光増幅素子は、応答時間が遅いので、周回させられる光信号の信号成分が平滑化されてそのゲインの低下或いは上昇が容易に検出されるようになる。

【0014】

また、好適には、前記光信号ゲイン制御手段は、前記周回させられる光信号のゲインを一定に維持するように、前記光帰還伝送路により帰還させられる光信号のゲインの増減に基づいて、前記相互利得変調型波長変換装置に供給される制御光のゲインを制御する光学的演算制御装置を含むものである。このようにすれば、相互利得変調型波長変換装置から出力される光信号が、帰還させられるその光信号のゲインの減少に基づいて全光学的演算制御装置により増幅されてその光信号の周回による減衰が防止されるので、その光信号のゲインがほぼ一定に維持される。

【0015】

また、好適には、(a) 前記制御光発生装置を制御するための電子制御装置と、(b) その光分波器により分岐された光信号を電気信号に変換して前記電子制御装置へ供給する光電信号変換器と、(c) 前記光分波器よりも下流側に設けられ、該光分波器を通過して前記相互利得変調型波長変換装置に入力させる光信号を遅延させる光遅延素子とを備え、(d) 前記電子制御装置は、外部から供給されるか或いは前記光信号に含まれる記憶信号出力情報が示す出力時期に応答して、前記光信号を出力用波長に変換するための制御光を前記制御光発生装置から発生させるものである。このようにすれば、電子処理により、外部から供給されるか或いは前記光信号に含まれる記憶信号出力情報が示す出力時期に応答して、周回により記憶されている光信号が出力させられる。

【0016】

また、好適には、外部から供給されるか或いは前記光信号に含まれる記憶信号出力情報が示す出力時期に応答して、前記光信号を出力用波長に変換するための制御光を前記制御光発生装置から発生させる全光学的演算制御装置を備えたものである。このようにすれば、全光学的処理により、外部から供給されるか或いは前記光信号に含まれる記憶信号出力情報が示す出力時期に応答して、周回により記憶されている光信号が出力させられる。

【0017】

また、好適には、前記相互利得変調型波長変換装置は、入力された光をクロスゲイン変調特性を利用して増幅および波長変換して出力する単一の光増幅素子を直列に備え、前記光信号に含まれる行先情報に対応する制御光が入力されると、その制御光と同じ波長の光信号を出力するものである。或いは、前記相互利得変調型波長変換装置は、入力された光をクロスゲイン変調特性を利用して増幅および波長変換して出力する複数の光増幅素子を直列に備え、前記光信号に含まれる行先情報に対応する制御光が入力されると、その制御光と同じ波長の光信号を出力するものである。このようにすれば、相互利得変調型波長変換装置はp n接合から構成される活性層を備えた半導体光増幅素子により構成されるので、相互利得変調型波長変換装置が小型化されるとともに、信号増幅率が一層高められる。

【0018】

また、好適には、前記相互利得変調型波長変換装置は、(a) 入力された光をクロスゲイン変調特性を利用して増幅および波長変換して出力するために直列配置された第1光増幅素子および第2光増幅素子と、(b) 第1波長の光信号と、該第1波長とは異なる第2波長

の連続光である第2入力光とを合波して前記第1光増幅素子に入力させる第1光合波器と、(c) 前記第1光増幅素子からの光から前記第2波長の光を選択する第1波長選択素子と、(d) その第1波長選択素子により選択された第2波長の光と第3波長の制御光とを合波して前記第2光増幅素子へ入力させる第2光合波器とを含み、前記第2光増幅素子は、前記制御光と同じ波長の光を出力するものである。このようにすれば、第1波長の第1入力光と第2波長の第2入力光とが入力された第1光増幅素子からの光から選択された第2波長の光と、第3波長の制御光とが第2光増幅素子へ入力させられるとき、その第2光増幅素子から出された光から前記光分配装置を用いて分配された第3波長の出力光は、前記第1波長の第1入力光および／または第3波長の第3入力光の強度変化にตอบสนองして変調された光であって、第3波長の制御光に対する信号増幅率が少なくとも2以上の大きさの増幅信号となるので、光信号の増幅処理を制御入力光を用いて直接行うことができる。

【0019】

また、好適には、前記第1光増幅素子において、前記第2波長は前記第1波長の第1入力光の周囲光の波長域内の波長であり、前記第2光増幅素子において、前記第3波長は、前記第2波長光の入力光の周囲光の波長域内の波長である。このようにすれば、第1光増幅素子或いは第2増幅素子からの出力光に含まれる第2波長或いは第3波長の信号が好適に増幅される。

【0020】

また、好適には、前記第1光増幅素子および第2光増幅素子は、p n接合から構成される活性層を備えた半導体光増幅素子であり、その半導体光増幅素子の活性層は、量子井戸、歪み超格子、量子細線、または量子ドットから構成されたものである。このようにすれば、量子井戸、歪み超格子、量子細線、または量子ドットから構成される活性層を備えた半導体光増幅素子が用いられるので、光3端子装置の高速応答が可能となる。特に量子ドットを用いた場合には100GHz以上の応答速度が得られる。また、活性層として歪み超格子を用いると偏波依存性が小さくなる。

【0021】

また、好適には、前記第1波長選択素子は、導波路内の光伝播方向において屈折率が周期的に変化させられたグレーティングフィルタ、屈折率が異なる多数組の層が積層されて成る多層膜フィルタ、フォトリソバンドギャップを有するフォトリソクリスタルのいずれかから構成されたものである。このようにすれば、第1光増幅素子からの光から第2波長が好適に抽出される。

【0022】

また、好適には、前記相互利得変調型波長変換装置の第1光増幅素子および第2光増幅素子は、希土類元素が添加された光ファイバ増幅素子または光導波増幅素子から構成されたものである。このようにすれば、第1光増幅素子および／または第2光増幅素子が光ファイバから構成されるので、光を伝播させる光ファイバの途中に前記第1光増幅素子および／または第2光増幅素子が構成される利点がある。

【0023】

また、好適には、前記光分配器は、前記相互利得変調型波長変換装置から出力された出力光が入力されると、該入力された出力光を前記複数の光伝送路のうち前記制御光の波長に対応する光伝送路へ選択的に分配するものである。たとえば、その光分配器は、入力ポートに接続された第1スラブ導波路と、複数の出力ポートに接続された第2スラブ導波路と、それら第1スラブ導波路および第2スラブ導波路の間に設けられた長さの異なる複数のアレー導波路とを備え、該入力ポートに入力された入力光をその波長毎に前記複数の出力ポートへ分配するアレー導波路格子型分波器である。或いは、波長毎に異なる回折格子またはプリズムの屈折角度を利用して入力光をアレイ状に配列された複数のアレー導波路へ選択的に分配する回折格子型またはプリズム型光分配器を含むものである。このようにすれば、前記光3端子装置から出力された制御光に対応する波長の出力光は、その波長毎に複数の分岐導波路のうちのいずれかへ選択的に分配される。

【0024】

また、好適には、前記光分配器は、導波路内の光伝播方向において屈折率が周期的に変化させられたグレーティングフィルタ、屈折率が異なる多数組の層が積層されて成る多層膜フィルタ、フォトリソニックバンドギャップを有するフォトリソニッククリスタルのいずれかから構成される。

【0025】

また、好適には、前記光信号記憶装置を備え、前記光信号記憶制御手段により前記相互利得変調型波長変換装置において出力用波長に変換された光信号は、前記光分配器によって光分波および／または光合波のための伝送路へ分配されるものである。このようにすれば、光合波処理および／または分波処理のために、周回しつつ記憶される光信号を適宜取り出して出力する光信号記憶機能を備えた光合波／分波装置が構成される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明の一実施例である、所定の伝送路を介して伝送された一連の光信号を記憶し、光合波処理および／または分波処理のためにその記憶された光信号を任意のタイミングで取り出して出力する装置の一例である光信号記憶機能を備えた光合波／分波装置 10 を図面に基づいて詳細に説明する。

【0027】

図 1 において、光ネットワークなどからの光パケット信号、光データ通信信号などの光信号 L_A を伝送する光ファイバ 12 には、光分波合波器として機能する第 1 光カプラ 14、光遅延素子 16、および波長変換装置（光スイッチング装置、光 3 端子装置）18 が順次接続されている。上記第 1 光カプラ 14 は、光ファイバを主体とした分岐回路、マイクロレンズを主体とした分岐回路などから構成される。光ファイバを主体とした分岐回路では、たとえば一対の光ファイバの所定区間を並行した状態で或いはひねった状態で平行相互に密着させたり、透過および反射可能な反射膜を光ファイバの分岐点に設けたりすることにより構成される。マイクロレンズを主体とした分岐回路では、たとえば集束性ロッドレンズで平行ビーム化された光をくさび型屈折面或いは反射面を用いて分岐させるように構成される。この第 1 光カプラ 14 は、双方向性すなわち可逆性を備えているので、反対向きに光信号が伝播させられるときには、光信号を合波して第 1 光ファイバ 12 内を反対向きに伝送させる合波器として機能する。

【0028】

また、光遅延素子 16 は、上記光ファイバ 12 内を伝送される光信号を所定時間だけ遅延させるためのものであり、たとえば所定の長さの光ファイバを巻回して伝播距離を設けることによりその所定の伝播距離を伝播する伝播時間だけ遅延させるように構成される。この光遅延素子 16 の遅延時間は、波長変換装置 18 内において、そこで増幅される光信号とその光信号の伝送先を波長で示す制御光とが同期するように予め実験的に求められる。

【0029】

上記第 1 光カプラ 14 により光ファイバ 12 内の光信号から分岐された分岐光信号は、光ファイバ 20 とこれに接続された光電信号変換器 22 とを介して電子制御装置 24 へ供給される。電子制御装置 24 は、たとえば CPU が RAM の一時記憶機能を利用しつつ ROM に予め記憶されたプログラムに従って入力信号を処理する所謂マイクロコンピュータにより構成される。この電子制御装置 24 は、光ファイバ 20 を介して伝送された光信号に含まれている振幅変調で示されるコード信号すなわち行先情報に基づいて、その光信号をルーティングするためにその行先情報に対応する波長指令信号を制御光発生装置 26 へ供給する。たとえば、電子制御装置 24 は、光ファイバ 20 から入力される光信号 L_A に含まれる行先情報を抽出し、制御光発生装置 26 からその行先情報に対応する波長に応じた制御光 L_c を発生させるものである。

【0030】

上記制御光発生装置 26 は、予め設定された複数種類の波長 λ_c の制御光 L_c を出力する制御光源を有し、前記電子制御装置 24 からの指令信号、すなわち光信号 L_1 に含まれる分岐情報に応じて選択された波長指令信号に従って、その分岐情報に対応する波長 λ_c

を有する制御光 L_c を前記波長変換装置（光 3 端子装置）18 に対して供給する。制御光発生装置 26 は、転送先の出力光ファイバ F_1 乃至 F_N に対応する複数種類たとえば N 種類の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 \dots 、 λ_N の制御光 L_c を択一的或いは選択的に発生させる。図 2、図 3、図 4 は、その制御光発生装置 26 の構成例をそれぞれ示している。

【0031】

図 2 において、制御光発生装置 26 は、制御光源に対応する相互に波長が異なる単一波長の光を出力する複数のレーザ光源 26 L_1 乃至 26 L_N と、それらレーザ光源 26 L_1 乃至 26 L_N の出力側にそれぞれ設けられてそれらから出される出力光をそれぞれスイッチングするための複数（ N 個）の光変調器 26 M_1 乃至 26 M_N と、それら光変調器 26 M_1 乃至 26 M_N を通過した光を合波し、制御光として出力する単一の光合波器 26 s とから構成され、電子制御装置 24 からの分岐指令信号に従ってレーザ光源 26 L_1 乃至 26 L_N および光変調器 26 M_1 乃至 26 M_N が作動させられることにより、光信号 L_{A11} に含まれる振幅変調信号が示す行先情報（分岐情報）に応じて選択された波長 λ_c の制御光 L_c を出力する。上記複数のレーザ光源 26 L_1 乃至 26 L_N としては、たとえば半導体レーザダイオードが用いられる。図 3 において、制御光発生装置 26 は、制御光源に対応する相互に波長が異なる単一波長の光を出力する複数のレーザ光源 26 L_1 乃至 26 L_N とそれらレーザ光源 26 L_1 乃至 26 L_N から出力された光を 1 つの導波路に合波する単一の光合波器 26 s と、その光合波器 26 s の出力側に設けられてそれらから出される出力光をスイッチングしてブランキング区間を遮断する単一の光変調器 26 M とから構成され、電子制御装置 24 からの分岐指令信号に従ってレーザ光源 26 L_1 乃至 26 L_N および光変調器 26 M が作動させられることにより、光信号 L_{A11} に含まれる分岐情報に応じて選択された波長 λ_c の制御光 L_c を出力する。図 4 において、制御光発生装置 26 は、出力光の波長を変更することが可能な波長可変レーザ光源 26 LV と、その波長可変レーザ光源 26 LV の出力側に設けられてそれらから出される出力光をスイッチングしてブランキング区間を遮断する単一の光変調器 26 M とから構成され、電子制御装置 24 からの分岐指令信号に従って波長可変レーザ光源 26 LV および光変調器 26 M が作動させられることにより、光信号 L_1 に含まれる分岐情報に応じて選択された波長 λ_c の制御光 L_c を出力する。上記波長可変レーザ光源 26 LV は、たとえば分布ブラッグ反射型レーザ、マイクロマシン面発光レーザ、温度同調 DFB レーザなどが用いられる。分布ブラッグ反射型レーザでは、その光共振器を構成する一対のミラーのうちの一方を構成する DBR 層（ブラッグ反射層）に電流を注入し、プラズマ効果によってその部分の屈折率を変化させることにより光共振波長が可変とされる。マイクロマシン面発光レーザでは、マイクロマシンによって光共振器長が変化されることにより光共振波長が可変とされる。温度同調 DFB レーザでは、温度による屈折率変化により光共振波長が可変とされる。なお、上記光変調器 26 M_1 乃至 26 M_N 、26 M は、たとえば駆動電流または駆動電圧が $p-n$ 接合部に加えられることによって透過光をオンオフさせる半導体型光変調器や、ニオブ酸リチウムなど単結晶のような電気光学効果を有する物質に外部から駆動電圧を印加することにより透過光をオンオフさせる外部変調型光変調器などから構成される。

【0032】

上記波長変換装置 18 は、たとえば図 5 に示されるように、第 1 光ファイバ 12 を介して入力された光をクロスゲイン変調特性を利用して増幅および波長変換して出力する複数の光増幅素子に対応する一対の第 1 光増幅素子 36 および第 2 光増幅素子 44 を直列に備え、上記第 1 光ファイバ 12 を介して入力された光信号を増幅するとともに、その光信号に含まれる分岐情報に対応する制御光 L_c の入力に同期してその制御光 L_c と同じの波長の光 L_3 を出力するように構成されている。

【0033】

すなわち、図 5 において、バイアス用レーザ光源 30 は、たとえば単一波長の定常的レーザ光を出力する半導体レーザから構成され、光信号 L_1 （第 1 入力光）の波長 λ_1 （たとえば 1555 nm よりも長い波長 λ_2 （波長 λ_b ）たとえば 1565 nm のレーザ光（第 2 入力光すなわちバイアス光の） L_2 を一定の強度で連続的に出力する。第 3 光カプラ 3

2は、第1光入力手段として機能するものであり、振幅変調されて第1光ファイバ12内を伝送された上記光信号 L_1 と連続光である上記レーザ光 L_2 とを重畳(合波)し、第1光サーキュレータ34を介して第1光増幅素子36へ入力させる。

【0034】

上記第1光増幅素子36は、たとえば図6に示す、半導体光増幅素子(SOA)から構成される。図6において、化合物半導体たとえばインジウム燐(InP)から構成される半導体基板36aの上に形成された光導波路36bは、その半導体基板36aの上にエピタキシャル成長させられたIII-V族混晶半導体の多層膜であり、たとえばホトリソグラフィを用いて所定幅のテープ状突起となるように形成されている。この光導波路36bは、半導体基板36aよりも屈折率が高い物質で構成されているので、光を厚み方向に閉じ込めつつ伝播させる機能を備えている。上記光導波路36b内の多層膜には、pn接合により構成された活性層36c、キャップ層などが含まれ、その上には上部電極36eが固着されている。この活性層36cは、半導体基板36aの下面に固着された図示しない電極と上記上部電極36eとの間に電圧が印加され且つ上記pn接合に電流が流されることによって電子・正孔対が形成され、その活性層36cを通過する光が誘導放射作用によって増幅されるようになっている。上記活性層36cは、多重量子井戸或いは量子ドットから構成されている。多重量子井戸である場合は、たとえば、InP半導体基板36aからエピタキシャル成長させられることにより格子整合されたInGaAs(100Åの厚み)とInGaAsP(100Åの厚み)との6対により構成され、その活性層36cの上には、組成(屈折率)が段階的に変化させられたグリーン(GRIN)構造のガイド層(2000Å)が順次設けられている。この活性層36cのデバイス長(光路長さ)は600μmであり、たとえば250mAの電流値によるエネルギー注入によって注入された電子が通過する光子による誘導放射によって価電子帯へ移動させられるときに光エネルギーを放出して通過光を増幅させると考えられている。この250mAの電流値によるエネルギー注入により、たとえば波長 $\lambda_1 = 1555\text{ nm}$ において20dB程度の利得が得られる。

【0035】

上記第1光増幅素子36は、スパッタリングなどによって光を反射する端面処理が施された鏡などの反射手段36dをその1端面に備えているため、その1端面とは反対側に位置する他端面を通して光入力或いは光出力が行われるようになっている。したがって、光信号 L_1 (第1入力光)およびそれよりも長い波長 λ_2 のレーザ光(第2入力光) L_2 の合波光は、上記他端面を通して第1光増幅素子36内に入力されるとともに、上記反射手段36dに反射された光は再びその他端面を通して出力される。この第1光増幅素子36の活性層36c内では、上記光信号 L_1 の入射によってその波長 λ_1 を中心とする周囲波長の自然光が発生し、その自然光は光信号 L_1 の強度変調に反比例して強度が増減する。この状態においてその自然光の波長範囲内にある波長 λ_2 のレーザ光 L_2 が通過させられると、その波長 λ_2 は、その自然光と同様の变化を受けつつ増強させられる。すなわち、光信号 L_1 の変調と同様ではあるが位相反転させられた変調を受けて増幅され、第1光増幅素子36から出力される。すなわち、第1光増幅素子36は、第2光増幅素子44とともにクロスゲイン変調特性すなわち相互利得変調特性を備えている。

【0036】

第1光サーキュレータ34は、上記第1光増幅素子36から出力された光を、第3光カプラ32へではなく、第1波長選択素子38へ導く。第1波長選択素子38は、前記第1光増幅素子36から出力された光のうちから第2波長 λ_2 である1565nmの光を抽出する。この第1波長選択素子38は、光フィルタ素子として機能するものであり、たとえば紫外線が局部的に照射されることにより、光ファイバの一部が長手方向において屈折率が周期的に変化させられたファイバグレーティングフィルタから構成されるものであって、第2波長 λ_2 を中心波長とし且つ半値幅がたとえば1乃至十数nmの光を選択して透過させるものである。なお、第1波長選択素子38は、屈折率が異なる多数組の層が積層されて成る多層膜フィルタ、フォトリソバンドギャップを有するフォトリソクリスタルのいずれかから構成されてもよい。

【0037】

第4光カプラ40は、第2光入力手段として機能するものであり、上記第1波長選択素子38により第1光増幅素子36から出力された光のうちから選択された第2波長 λ_2 の光と、第3波長 λ_3 のレーザ光である制御光 L_c とを重畳（合波）し、第2光サーキュレータ42を介して第1光増幅素子36と同様に構成された第2光増幅素子44へ入力させる。第1光増幅素子36において変調された第2波長 λ_2 は、この第2光増幅素子44において、その第2波長 λ_2 を中心とする自然光の波長範囲内の第3波長 λ_3 の制御光 L_c によってさらに変調を受け且つ増幅され、波長 λ_2 の光と制御光 L_c の波長とされた変調光（出力光信号） L_3 との混合光が出力される。第2光サーキュレータ42は、第2光増幅素子44から出力された上記混合光（波長 λ_2 の光および変調光 L_3 ）を、第4光カプラ40へではなく、後述の光分配装置50へ出力させる。

【0038】

上記第2光増幅素子44から出力された光に含まれる変調光 L_3 は、制御光 L_c の波長と同じ第3波長 λ_3 の光であるので、制御光 L_c の波長がたとえば λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 \dots 、 λ_N に変化させられると、第2光増幅素子44から出力される光 L_3 の波長もたとえば λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 \dots 、 λ_N に変化させられる。この制御光 L_c の強度変化に基づく振幅変調では、光分配装置50の出力光 L_4 は制御光 L_c に対して約2倍乃至30倍のゲイン（増幅率）を有する。また、出力光 L_4 の位相は上記光信号 L_1 （第1入力光）と同じであり、位相反転されていない。波長変換装置18において、その活性層36cが量子ドットから構成された場合は出力光 L_4 が40GHz程度までは信号変調度Hの低下がそれ程見られない周波数特性が確認されている。その信号変調度Hはたとえば次式(1)により表される。但し、 I_{\max} は光信号の最大値、 I_{\min} は光信号の最小値である。

【0039】

$$H = 100 \times (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min}) \dots (1)$$

【0040】

図1に戻って、上記波長変換装置18からの出力光 L_3 は、その波長すなわち制御光 L_c の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 \dots 、 λ_N 毎に光分配装置50によって複数の導波路に対応するように予め定められたクロスコネクタファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_N へそれぞれ選択的に分配される。また、それらと異なるバイアス光 L_2 と同じ波長 λ_b の光は分岐光ファイバ F_b に分配される。たとえば、出力光 L_3 が単色である場合にはクロスコネクタファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_N のうちの1つに分配されるが、2種類の混合色である場合にはクロスコネクタファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_N のうちのいずれか2つの群へ分配される。上記光分配装置50は、たとえば図7に示すように、入力ポート50aに接続された第1スラブ導波路50bと、複数の出力ポート50cに接続された第2スラブ導波路50dと、それら第1スラブ導波路50bおよび第2スラブ導波路50dの間に設けられた長さの異なる複数のアレー導波路50eと、複数の出力ポート50cにそれぞれ接続されたクロスコネクタファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_N とを備え、その入力ポート50aに入力された波長変換装置18からの出力光 L_3 （入力光）をその波長毎に複数の出力ポート50cのいずれかすなわちクロスコネクタファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_N のいずれかへ分配するアレー導波路格子型光分波器から構成されている。なお、上記光分配装置50には、クロスコネクタファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_N の端面に分岐光を集光させるための集光レンズなどの光学系が必要に応じて備えられる。

【0041】

上記クロスコネクタファイバ F_1 および F_2 は、光信号 L_A を合波処理するための光アド処理回路52および光信号 L_A を分波処理するための光ドロップ処理回路54に接続されており、クロスコネクタファイバ F_3 乃至 F_N は光バッファメモリ素子 M_3 乃至 M_N に接続されている。上記光バッファメモリ素子 M_3 乃至 M_N は、たとえば所定長の光ファイバが巻回されたものであり、その所定長の光ファイバ内の伝播時間に対応する遅延時間だけ遅延させて光信号 L_A を出力する遅延素子である。

【0042】

上記光バッファメモリ素子 M_3 乃至 M_N から出力された光信号 L_A は、光帰還伝送路を構成する帰還用光ファイバ56と第1光カップラ14と同様に構成された第5光カップラ（光合波器）58とを介して光信号 L_A が第1光カップラ14よりも上流側の光ファイバ12に帰還させられることにより、第1光カップラ14、光遅延素子16、波長変換装置18、光分配装置50、光バッファメモリ M_3 乃至 M_N のいずれか、帰還用光ファイバ56、第5光カップラ58から成る周回路で周回させられる。

【0043】

以上のように構成された光合波／分波装置10において、光ファイバ12により伝送された光信号 L_A は、それに含まれる行先信号（ラベリング）が電子制御装置24により抽出され、その行先信号が示す伝送先へ分配されるように、その行先信号に対応する波長の制御光 L_c が出力されるように制御光発生装置26が電子制御装置24により制御される。波長変換装置18は、上記光信号 L_A の波長が λ_1 である場合には、それから出力される出力光 L_3 は、波長が λ_1 の光信号 L_A とされるので、光分配装置50において光アド処理回路52へ向かって分配される。また、上記光信号 L_A の波長が λ_2 である場合には、波長変換装置18から出力される出力光 L_3 は、波長が λ_2 の光信号 L_A とされるので、光分配装置50において光ドロップ処理回路54へ向かって分配される。

【0044】

しかし、上記光信号 L_A を直ちに光アド処理回路52或いは光ドロップ処理回路54へ伝送させることが不適当である場合は、電子制御装置24の電子処理により、その光信号 L_A は外部からの読出タイミング信号 R の受信或いはその光信号 L_A に含まれる記憶時間の経過までの間記憶された後に取り出される。すなわち、制御光発生装置26から波長変換装置18へ出力される制御光 L_c の波長が λ_3 乃至 λ_N のいずれかたとえば λ_3 とされると、波長変換装置18から出力される出力光 L_3 （光信号 L_A ）の波長が λ_3 とされるので、光分配装置50において光バッファメモリ M_3 へ向かって分配される。この光信号 L_A は、光バッファメモリ M_3 において一定時間記憶された後、帰還用光ファイバ56、第5光カップラ58、第1光カップラ14、光遅延素子16、波長変換装置18、光分配装置50、光バッファメモリ M_3 から成る周回路で繰り返し周回させられて記憶される。この周回中の光信号 L_A が波長変換装置18を通過する際には、制御光発生装置26から波長変換装置18へ出力される制御光 L_c の波長は λ_3 とされる。このような光信号 L_A の記憶中においてさらに他の光信号が入力され且つそれを記憶する場合には、上記波長 λ_3 とは異なる波長たとえば λ_4 に上記と同様に波長変換され且つ上記と同様に帰還用光ファイバ56、第5光カップラ58、第1光カップラ14、光遅延素子16、波長変換装置18、光分配装置50、光バッファメモリ M_4 から成る周回路で繰り返し周回させられることにより記憶される。

【0045】

そして、たとえば光アド処理回路52へ取り出すための取出タイミング信号 R が外部から電子制御装置24へ供給されると、電子制御装置24は、帰還用光ファイバ56、第5光カップラ58、第1光カップラ14、光遅延素子16、波長変換装置18、光分配装置50、光バッファメモリ M_3 から成る周回路で繰り返し周回させられる光信号 L_A を相互利得変調型波長変換装置18において出力用波長 λ_1 に変換するための波長 λ_1 の制御光 L_c を、制御光発生装置26から発生させる。この結果、光信号 L_A は光分配装置50によって光アド処理回路52へ向かって分配されることによりその光アド処理回路52へ出力される。電子制御装置24は、そのような光信号記憶制御手段としても機能している。

【0046】

上述のように、本実施例の光合波／分波装置10においては、光信号記憶制御手段として機能する電子制御装置24は、帰還用光ファイバ56、第5光カップラ58、第1光カップラ14、光遅延素子16、波長変換装置18、光分配装置50、光バッファメモリ M_3 から成る周回路で繰り返し周回させられる光信号 L_A を相互利得変調型波長変換装置18において出力用波長 λ_1 に変換するための波長 λ_1 の制御光 L_c を制御光発生装置26から

発生させるので、その光信号 L_A は、任意の時間だけ記憶されるとともに、外部から供給されるか或いは光信号 L_A に含まれる記憶信号出力情報（読出タイミング信号 R ）が示す出力時期に応答して、任意のタイミング（取出し時刻）において時間光信号が取り出される。

【0047】

また、本実施例において、光信号記憶制御手段として機能する電子制御装置 24 は、相互利得変調型波長変換装置 18 へ入力される光信号 L_A の波長を記憶用波長 λ_3 乃至 λ_N のいずれかへ変換するための制御光 L_c を制御光発生装置 26 から発生させるので、入力された光信号 L_A はその記憶用波長 λ_3 乃至 λ_N のいずれかに変換されることにより、相互利得変調型波長変換装置 18、光分配器 50、光バッファメモリ素子 M_3 乃至 M_N のいずれか、光帰還伝送路 56、第 5 光カプラ 58、第 1 光カプラ 14、および光遅延素子 16、を繰り返し経由する周回伝送路において周回させられることにより、その光信号 L_c の記憶が開始される。

【0048】

また、本実施例では、(a) 光ファイバ 12 内を伝播する光信号 L_A を分岐させて電子制御装置 24 へ供給するための第 1 光カプラ（光分波器）14 と、(b) その第 1 光カプラ 14 により分岐された光信号を電気信号に変換して電子制御装置 24 へ供給する光電信号変換器 22 と、(c) その光ファイバ 12 においてその第 1 光カプラ 14 よりも下流側に設けられ、その第 1 光ファイバ 12 から相互利得変調型波長変換装置 18 へ入力させる光信号 L_1 を遅延させる光遅延素子 16 とが設けられ、上記電子制御装置 24 は上記光信号 L_A に含まれる行先情報に対応する波長の制御光 L_c を制御光発生装置 26 から発生させるものであるので、波長変換機能とスイッチング機能を有する相互利得変調型波長変換装置 18 が行先情報に対応した波長の光信号を出力して光分配装置 50 による分配を可能とするので、高速かつ小型のルーティング装置すなわち光信号転送装置或いは光信号中継装置が可能となる。また、光信号 L_A の一部が第 1 光カプラ 14 から分岐されて電子制御装置 24 へ供給される一方で、その光信号 L_A の他の一部が光遅延素子 16 により遅延させられて波長変換装置 18 へ供給されるので、電子制御装置 24 における電子信号処理に用いられる遅れ時間にもかかわらず、制御光発生装置 26 から光 3 端子装置 18 へ供給される制御光 L_c がその波長変換装置 18 における光信号 L_1 と好適に同期させられる。

【0049】

また、本実施例では、相互利得変調型の波長変換装置 18 は、(a) 入力された光をクロスゲイン変調特性を利用して増幅および波長変換して出力するための第 1 光増幅素子 36 および第 2 光増幅素子 44 と、(b) 光ファイバ 12 から入力された第 1 波長 λ_1 の信号光 L_A と、その信号光 L_A とは異なる波長 λ_2 の連続光であるレーザ光（第 2 入力光、バイアス光） L_2 とを合波して第 1 光増幅素子 36 へ入力させる第 3 光カプラ（第 1 光合波器）32 と、(c) 第 1 光増幅素子 36 からの光から第 2 波長 λ_2 の光を選択する第 1 波長選択素子 38 と、(d) その第 1 波長選択素子 38 により選択された第 2 波長 λ_2 の光と第 3 波長 λ_3 の制御光 L_c とを合波して第 2 光増幅素子 44 へ入力させる第 4 光カプラ（第 2 光合波器）40 とを、含み、第 3 波長 λ_3 の出力光 L_3 は、制御光 L_c と同じ波長の光であって、第 1 波長 λ_1 の信号光 L_1 および／または第 3 波長 λ_3 の制御光 L_c の強度変化に応答して変調されるものであることから、信号光 L_1 とレーザ光（第 2 入力光） L_2 とが入力された第 1 光増幅素子 36 からの光から選択された第 2 波長 λ_2 の光と制御光 L_c とが第 2 光増幅素子 44 へ入力させられるとき、その第 2 光増幅素子 44 から出された光から選択された第 3 波長 λ_3 の変調光 L_3 或いは出力光 L_4 は、信号光 L_1 および／または制御光 L_c の強度変化に応答して変調された光であって、制御光 L_c に対する信号増幅率が少なくとも 2 以上の大きさの増幅信号となるので、光信号 L_1 の増幅処理を制御光 L_c を用いて直接行うことができる。

【0050】

また、本実施例では、第 1 光増幅素子 36 において、第 2 波長 λ_2 は第 1 波長 λ_1 の周囲光の波長域内の波長であり、第 2 光増幅素子 44 において、第 3 波長 λ_3 は、第 2 波

長 λ_2 の光の周囲光の波長域内の波長であるので、第1光増幅素子36或いは第2増幅素子44からの出力光に含まれる第2波長 λ_2 或いは第3波長 λ_3 の信号が好適に増幅される。

【0051】

また、本実施例では、第1光増幅素子36および第2光増幅素子44は、pn接合から構成される活性層を備えた半導体光増幅素子から構成されるので、相互利得変調型の波長変換装置18が小型化されるとともに、その信号増幅率が一層高められる。

【0052】

また、本実施例では、第1光増幅素子36や第2光増幅素子44を構成する半導体光増幅素子の活性層36cは、量子井戸、量子細線、歪超格子、または量子ドットから構成されたものであることから、波長変換装置18の高速応答が可能となる。特に量子ドットを用いた場合には100GHz以上の応答速度が得られる。また、活性層36cとして歪み超格子を用いると偏波依存性が小さくなる。

【0053】

また、本実施例では、第1光増幅素子36や第2光増幅素子44を構成する半導体光増幅素子は、活性層36cを通過した光を反射するための反射手段36dをその一端面に備え、他端面を通して入力光が入力され且つ出力光が取り出されるものであることから、1端面に備えられた反射手段によって活性層における通過路が実質的に長くされるので、波長変換装置18の信号増幅率が一層高められる。また、フィードバック効果によって、出力信号の変調度が一層高められる。

【0054】

また、本実施例では、第1光増幅素子36や第2光増幅素子44を構成する半導体光増幅素子の他端面を通してその半導体光増幅素子内に入力光を入力させ、その他端面を通してその半導体光増幅素子内から出力される光をその入力光とは異なる光路へ導く光サーキュレータ34、42のような方向性結合素子が設けられたものであるので、波長変換装置18において、半導体光増幅素子の他端面から出た光はその他端面へ入力させる光を導く導波路に入ることがなく、専ら他の出力用導波路に導かれる。

【0055】

また、本実施例では、第1波長選択素子38は、導波路または光ファイバ内の光伝播方向において屈折率が周期的に変化させられたグレーティングフィルタ、屈折率が異なる多数組の層が積層されて成る多層膜フィルタ、フォトリソニックバンドギャップを有するフォトリソニッククリスタルのいずれかから構成されることから、第1光増幅素子36からの光から第2波長 λ_2 の光或いは第3波長 λ_3 の光が好適に抽出される。

【0056】

また、本実施例では、光分配装置50は、入力ポート50aに接続された第1スラブ導波路50bと、複数の出力ポート50cに接続された第2スラブ導波路50dと、それら第1スラブ導波路50bおよび第2スラブ導波路50dの間に設けられた長さの異なる複数のアレー導波路50eと、複数の出力ポート50cに接続された分岐光ファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_N とを備え、その入力ポート50aに入力された光3端子装置18からの出力光 L_3 （入力光）をその波長毎に複数の出力ポート50cのいずれかすなわち分岐光ファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_N のいずれかへ分配するように構成されているので、波長変換装置18から出力された制御光 L_c と同じ波長の変調光 L_3 はその波長毎に複数の光ファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_N のうちのいずれかへ選択的に好適に分配される。

【0057】

また、本実施例の制御光発生装置26は、複数種類のレーザ光源 $26L_1$ 乃至 $26L_n$ または波長可変レーザ光源 $26L_v$ から出力される制御光をスイッチングするための光変調器 $26M$ を備えたものであるので、制御光発生装置26から出力された相互に異なる波長の制御光 L_c の立上がりおよび立下がり急峻とされ、その応答性が高められる。

【0058】

次に、本発明の他の実施例を説明する。なお、以下の説明において前述の実施例と共通する部分には同一の符号を付して説明を省略する。

【0059】

前述の電子制御装置24は、相互利得変調型波長変換装置18、光分配器50、光バッファメモリ素子 M_3 乃至 M_N のいずれか、光帰還伝送路56、第5光カプラ58、第1光カプラ14、および光遅延素子16、を繰り返して経路する周回伝送路において周回させられることにより記憶される光信号 L_c のゲインの増減を抑制するように、その周回させられる信号光 L_A 、あるいは相互利得変調型波長変換装置18に供給される制御光 L_c を制御する光信号ゲイン制御手段を、さらに含むものであってもよい。すなわち、電子制御装置24は、あらかじめ記憶されたプログラムにしたがって第1光カプラ14および光電信号変換器22を介して入力される周回させられる信号光 L_A のゲインが一定となるように制御光 L_c を制御する。たとえば信号光 L_A のゲインが低下すると、相互利得変調型波長変換装置18においてその信号光 L_A が増幅されるように制御光 L_c のゲインを大きくし、信号光 L_A のゲインが増加すると、相互利得変調型波長変換装置18においてその信号光 L_A が増幅されるように制御光 L_c のゲインを小さくする。

【0060】

図8は、本発明の他の実施例の光合波/分波装置70を示している。本実施例の光合波/分波装置70は、前述の実施例の光合波/分波装置10に対して、周回させられる光信号 L_A の記憶時間(周回数)に伴う強度変動たとえば発振的な増加あるいは減衰を抑制するための帰還光増幅装置72が帰還用光ファイバ56に介そうされた点、電子制御装置24は上記の機能のうち、周回させられることにより記憶される光信号 L_c のゲインが一定となるように相互利得変調型波長変換装置18に供給される制御光 L_c を制御する光信号ゲイン制御機能が設けられていない点が相違し、他は同様に構成されている。また、本実施例では、第1ゲイン制御用光増幅素子76および第2ゲイン制御用光増幅素子80の応答時間(応答特性)が第1光増幅素子36および第2光増幅素子44よりも長く(遅く)設定されている。或いは、第1ゲイン制御用光増幅素子76および/または第2ゲイン制御用光増幅素子80は、たとえばエルビウム元素などの希土類元素が光ファイバや光導波路内にドーピングされることにより、3準位系または4準位系のエネルギー準位がその光透過媒体内に構成された光増幅素子など、応答時間が遅い光増幅素子から構成される。応答時間が遅い光増幅素子から構成されることにより、周回させられる光信号 L_A の信号成分が平滑化されてその信号ゲインの変化が容易に検出される。

【0061】

上記帰還光増幅装置72は、光信号ゲイン制御手段に対応するものであり、波長変換装置18の第2光増幅素子44からの出力光に含まれるバイアス光 L_2 と同じ波長 λ_b の光のゲインの減少に基づいて帰還用光ファイバ56により帰還させられる光信号 L_A を増幅するものである。すなわち、帰還光増幅装置72は、波長 λ_p の一定のレーザ光を出力するレーザ光源74と、前記光分配装置50からファイバ F_b を介して出力されるバイアス光 L_2 と同じ波長 λ_b の光と上記波長 λ_p のレーザ光とを受けてそのバイアス光 L_2 と同じ波長 λ_b の光のゲインの増加に伴ってゲインが減少する波長 λ_p のゲイン制御光 L_5 を出力する第1ゲイン制御用光増幅素子76と、その第1ゲイン制御用光増幅素子76の出力光から波長 λ_p の光を通過させるフィルタ78と、そのフィルタ78を通過した波長 λ_p の光と帰還させられる光信号 L_A とを受けてそのゲイン制御光 L_5 の減少に伴ってゲインが増加する光信号 L_A を出力する第2ゲイン制御用光増幅素子80と、その第2ゲイン制御用光増幅素子80からの出力光から波長 λ_3 乃至 λ_N のいずれかの波長である光信号 L_A を通過させ又は波長 L_5 の光だけ通過させないフィルタ82とを備えている。上記第2ゲイン制御用光増幅素子80により、周回させられる光信号 L_A のゲインの増減とは反対のバイアス光 L_2 と同じ波長 λ_b の光のゲインの減増に応じて、帰還させられる光信号 L_A のゲインが増減させられることにより、その光信号 L_A の周回毎のゲインの増加や低下が抑制され、略一定のゲインに維持される。本実施例によれば、前述の実施例と同様の効果が得られるのに加えて、速い応答信号はそのままであるが、遅い減衰の変化が抑制さ

れるので、記憶のために周回させられる光信号 L_A のゲインの増加や低下が抑制されて略一定のゲインに維持される利点がある。

【0062】

図9は、上記光合波／分波装置70の作動を説明するタイムチャートである。光信号 L_A が記憶すべき信号である場合には、入力されたその光信号 L_A は、波長変換装置18において制御光 L_c (λ_3) に従って記憶用波長たとえば λ_3 に変換されるとともに光分配装置50によって光バッファメモリ M_3 に分配され、以後はその光バッファメモリ M_3 、帰還用光ファイバ56、帰還光増幅装置72、帰還用光ファイバ56、第5光カプラ58、波長変換装置18、光分配装置50からなる周回路に沿って光信号 L_A が周回させられる。このとき、帰還光増幅装置72によって周回させられる光信号 L_A のゲインの減衰が抑制されて一定に保持されるので、図9の最上段が入力された光信号 L_A であるとする、周回させられる光信号 L_A はその下段に示す状態となる。このような周回によって記憶されている光信号 L_A が取り出される場合には、任意のタイミングで任意の区間だけ波長変換装置18において制御光 L_c (λ_1) に従って出力用波長たとえば λ_1 に変換されると、光分配装置50によって光アド処理回路52へ出力される。図9の下から3段目に示す波形はその光信号 L_A の出力波形を示している。また、図9の下から2段目は上記の出力によって残された他の出力波形を示している。

【0063】

ちなみに、図10は、上記帰還光増幅装置72が設けられず、周回させられる光信号 L_A のゲインの減衰が抑制されない場合の信号波形を示している。たとえば、上記光合波／分波装置70において帰還光増幅装置72が備えられない場合や電子制御装置24に光信号ゲイン制御手段が備えられない場合の図1の光合波／分波装置10の場合の信号波形である。この図10の上段および下段は、図9の最上段およびその下の段に対応している。

【0064】

図11は、本発明の他の実施例の光合波／分波装置90を示している。本実施例の光合波／分波装置90は、前述の実施例の光合波／分波装置10に対して、光遅延素子16及び第1光カプラ14が省略された点、電子制御装置24に替えて全光学的演算制御装置92が設けられている点、帰還用光ファイバ56により帰還させられる光信号 L_A の一部を分岐して全光学的演算制御装置92に入力させるための第1光カプラ14と同様の光カプラ94が設けられている点、その全光学的演算制御装置92が周回させられる光信号 L_A の記憶時間（周回数）に伴う減衰に基づいてその減衰を抑制する光信号ゲイン制御手段として機能する点が相違し、他は同様に構成されている。

【0065】

上記全光学的演算制御装置92は、たとえば、波長 λ_3 の連続光を出力するレーザ光源と、その波長 λ_3 のレーザ光と外部からの読出タイミング信号 R とを合波する光カプラと、その光カプラにより合波された光を受け入れて、読出タイミング信号 R の読み出し区間だけ波長 λ_3 の制御光 L_c を出力させる前記相互利得変調型波長変換装置18と同様の波長変換装置とから成る1組の光制御回路を N 組備えることにより、任意のタイミングで供給される読出タイミング信号 R に応答して、周回により記憶されている光信号 L_A が取り出されるようにする。また、上記全光学的演算制御装置92は、上記光カプラ94から供給される周回中の光信号 L_A を受けてそのゲインの減衰を示す包絡線を形成する低応答性の光遅延素子を備え、その光遅延素子から出力される波長 λ_3 の減衰曲線を示す光を制御光 L_c として前記相互利得変調型波長変換装置18に供給するように構成される。これにより、相互利得変調型波長変換装置18から出力される波長 λ_3 の光信号 L_A の周回による減衰が抑制される。本実施例によれば、前述の図8の実施例と同様の効果が得られる。

【0066】

図12は、前記波長変換装置18の他の実施例の波長変換装置98の構成例を示している。本実施例の波長変換装置98は、前述の図8に示す第1光増幅素子36と同様に構成されることによりクロスゲイン変調特性すなわち相互利得変調特性を備えた単一の半導体光増幅素子(SOA)100と、その半導体光増幅素子100に対して入射させる波長 λ

s の光信号 L_A と波長 λ_1 または λ_2 の制御光 L_c とを合波する光カプラ 102 とから構成されている。この波長変換装置 98 においては、波長 λ_s の入力光信号 L_A は制御光 L_c の波長 λ_1 または λ_2 に変換されて出力され、その出力光信号 L_3 は入力光信号 L_A と位相が反転させられる。また、光信号 L_A と波長 λ_3 乃至 λ_N のいずれかの制御光 L_c とが合波されることにより、その光信号 L_A が周回させられる。このように構成された波長変換装置 98 によれば、前述の波長変換装置 18 と同様の相互利得変調型の波長変換作用および光増幅作用が得られる。本実施例においては、たとえば波長 λ_1 または λ_2 の制御光 L_c の強度変化が上記出力光信号 L_3 の強度に影響しないように、上記制御光 L_c の強度は上記半導体光増幅素子 100 の利得飽和強度よりも小さく設定されている。一方、波長 λ_s の入力光信号 L_{A11} の強度は、相互利得変調を可能とするために上記半導体光増幅素子 100 の利得飽和強度よりも大きい値に設定されている。

【0067】

以上、本発明の一実施例を図面に基づいて説明したが、本発明はその他の態様においても適用される。

【0068】

たとえば、前述の実施例の第 1 光増幅素子 36 および／または第 2 光増幅素子 44 は、たとえば石英系或いは弗化物系ガラスなどの光透過媒体である光ファイバ内に、たとえばエルビウム元素などの希土類元素がドーパされることにより、3 準位系または 4 準位系のエネルギー準位がその光透過媒体内に構成された光増幅素子から構成されてもよい。このような光増幅素子は、エルビウム元素およびアルミニウムがドーパされることにより 1700 ppm 程度の比較的高濃度のエルビウムイオン Er^{3+} および 10000 ppm 程度のアルミニウムイオン Al^{3+} を含む 20 m 程度の長さのガラス製光ファイバから構成されているので、エルビウムドーパファイバアンプ (EDFA) とも称される。また、エルビウム元素を含むガラス製光ファイバに替えて、プラセオジウムが添加 (ドーパ) された光ファイバが用いられてもよい。この場合においては、波長変換装置 18 は、1.3 μm 帯の波長で利用可能となる。このようにすれば、第 1 光増幅素子 36 および／または第 2 光増幅素子 44 が光ファイバから構成されるので、光を伝播させる光ファイバの途中で前記第 1 光増幅素子および／または第 2 光増幅素子が構成される利点がある。

【0069】

また、図 1 の波長変換装置 18 において、第 3 光カプラ 32 および第 4 光カプラ 40、第 1 光増幅素子 36 および第 2 光増幅素子 44、および第 1 波長選択素子 38 などの構成部品は、光ファイバにより連結されてもよいが、半導体基板またはガラス基板のような透光性物質製基板の上に形成された光導波路などにより結合されてもよい。

【0070】

また、前述の光分配装置 50 は、入力ポート 50a に接続された第 1 スラブ導波路 50b と、複数の出力ポート 50c に接続された第 2 スラブ導波路 50d と、それら第 1 スラブ導波路 50b および第 2 スラブ導波路 50d の間に設けられた長さの異なる複数のアレー導波路 50e と、複数の出力ポート 50c に接続された分岐光ファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_n とを備え、その入力ポート 50a に入力された光 3 端子装置 18 からの出力光 L_3 (入力光) をその波長毎に複数の出力ポート 50c のいずれかすなわち分岐光ファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_n のいずれかへ分配するように構成されていたが、波長毎に異なる回折格子の回折角度を利用してその入力光である出力光 L_3 をアレイ状に配列された複数の分岐光ファイバ F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_n へ選択的に分配する回折格子型光合成成分波器から構成されたり、或いはその回折格子に替えてプリズムが利用されたプリズム光合成成分波器から構成されてもよい。この場合には、光分配装置 50 は、波長毎に異なるプリズムの屈折角度を利用して入力光をアレイ状に配列された複数のアレー導波路へ選択的に分配するプリズム型光分配器から構成される。光分波器 S_1 乃至 S_M や合波器 T_1 乃至 T_M も同様である。

【0071】

また、前述の光分配装置 50 は、干渉膜型光分配装置であってもよい。干渉膜に分類さ

れる多層フィルタは SiO_2 の薄膜と TiO_2 の薄膜とが交互に数十層積層されることにより特定の波長を反射させるように構成される。

【0072】

また、前述の実施例の電子制御装置24に替えて、複数の光トライオードから成る演算装置およびレーザ光源などから構成される光演算制御装置が用いられてもよい。電子制御装置24に替わる全光学的装置が用いられることにより、光合波／分波装置10の全体が光学素子によって構成される。

【0073】

また、前述の実施例では、図2、図3、図4に示される制御光発生装置26において、光変調器 26_{M1} 乃至 26_{Mn} 、 26_M が除去されても差し支えない。この場合、たとえば図4、図5の光変調器26では、レーザ光源 26_{L1} 乃至 26_{Ln} が選択的にオンオフ駆動されることにより、波長の異なる制御光 L_c が選択的に出力される。また、図6の光変調器26では、可変波長レーザ光源 26_{LV} のDBR層に対する注入電流を段階的に変化させることにより、波長の異なる制御光 L_c が選択的に出力される。

【0074】

また、前述の実施例の光合波／分波装置10において、光アド処理回路52、光ドロップ処理回路54、光バッファメモリ M_3 乃至 M_N の数は種々変更され得るものであり、それらの一部が除去或いは追加されても差し支えない。

【0075】

また、たとえば相互利得変調型波長変換装置18において、制御光 L_c の波長 λ_c は信号光 L_A の波長 λ_1 と同じとされてもよい。この場合には、相互利得変調型波長変換装置18からの出力光 L_3 の波長は、信号光 L_A の波長 λ_1 と同じとされる。

【0076】

なお、上述したのはあくまでも本発明の一実施例であり、本発明はその主旨を逸脱しない範囲において種々変更が加えられ得るものである。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】本発明の一実施例の光信号記憶機能を備えた光合波／分波装置の構成を説明する略図である。

【図2】図1の制御光発生装置の構成例を説明するブロック図である。

【図3】図1の制御光発生装置の他の構成例を説明するブロック図である。

【図4】図1の制御光発生装置の他の構成例を説明するブロック図である。

【図5】図1の波長変換装置の構成を説明するブロック図である。

【図6】図5の波長変換装置内に設けられる光増幅素子が半導体光増幅素子により構成された場合の外形状を示す斜視図である。

【図7】図1の光分配装置の構成例を説明する図である。

【図8】本発明の他の実施例の光信号記憶機能を備えた光合波／分波装置の構成を説明する略図であって、図1に相当する図である。

【図9】図8の光信号記憶機能を備えた光合波／分波装置の光信号記憶作動を説明するタイムチャートである。

【図10】図8の光合波／分波装置において帰還光増幅装置が設けられない場合の光信号記憶作動を説明するタイムチャートである。

【図11】本発明の他の実施例の光信号記憶機能を備えた光合波／分波装置の構成を説明する略図であって、図1或いは図8に相当する図である。

【図12】本発明の他の実施例における波長変換装置の構成を説明する図であって、図5に相当する図である。

【符号の説明】

【0078】

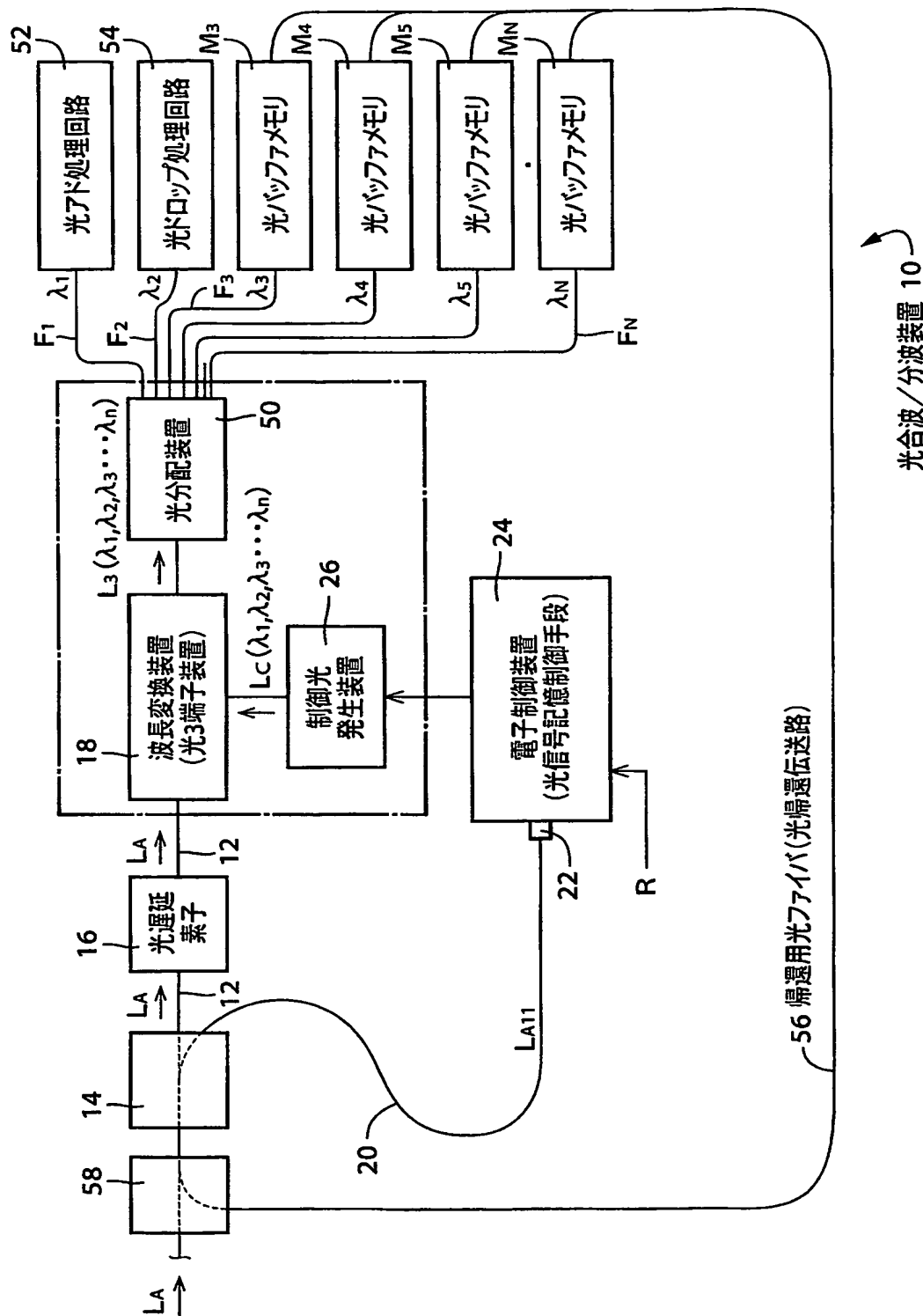
10、70、90：光信号記憶機能を備えた光合波／分波装置

14：第1カプラ（光分波合波器）

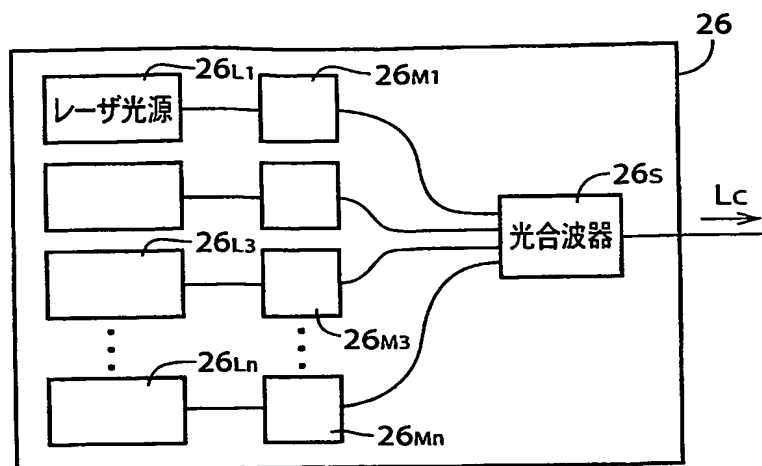
- 16：光遅延素子
- 18、98：相互利得変調型波長変換装置
- 22：光電信号変換器
- 24：電子制御装置（光信号記憶制御手段、光信号ゲイン制御手段）
- 36：第1光増幅素子
- 44：第2光増幅素子
- 50：光分配装置
- 50b：第1スラブ導波路
- 50d：第2スラブ導波路
- 50e：アレー導波路
- 52：光アド処理回路
- 54：光ドロップ処理回路
- 56：帰還用光ファイバ（光帰還伝送路）
- 72：帰還光増幅装置（光信号ゲイン制御手段）
- 92：全光学的演算制御装置（光信号ゲイン制御手段）
- M₃ 乃至 M_N：光バッファメモリ（光バッファメモリ素子）

【書類名】 図面

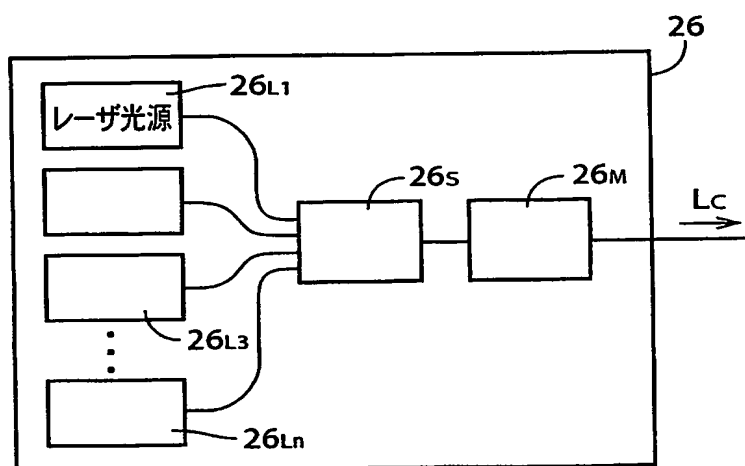
【図 1】



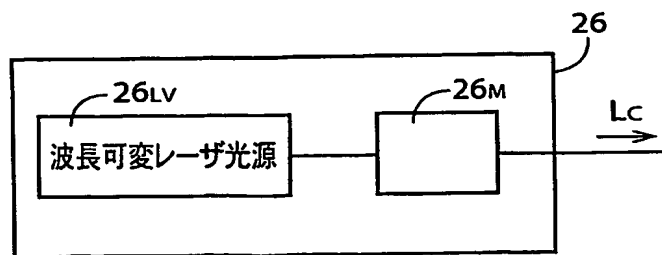
【図 2】



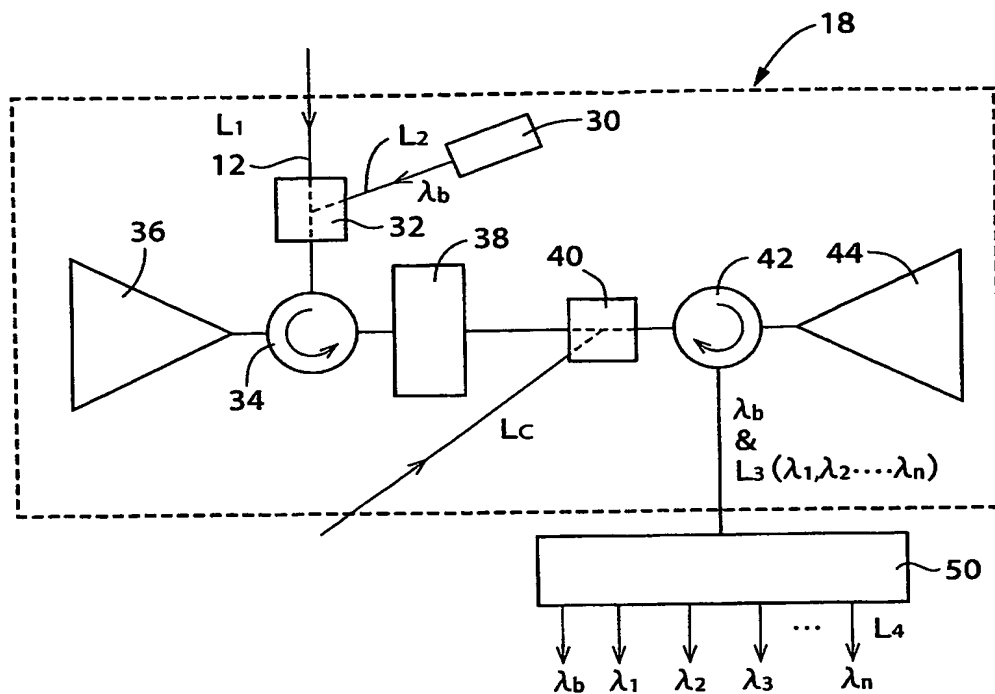
【図 3】



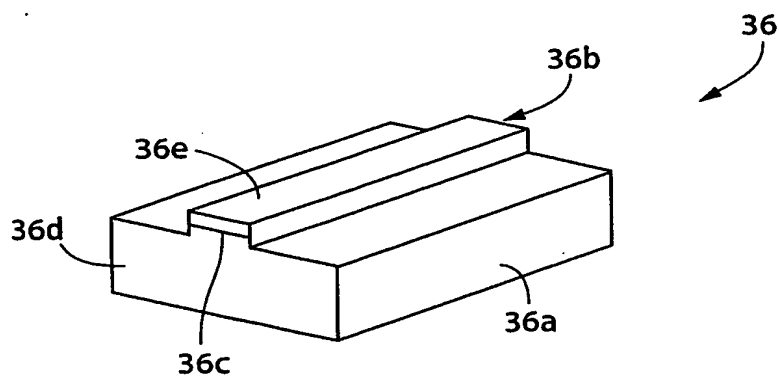
【図 4】



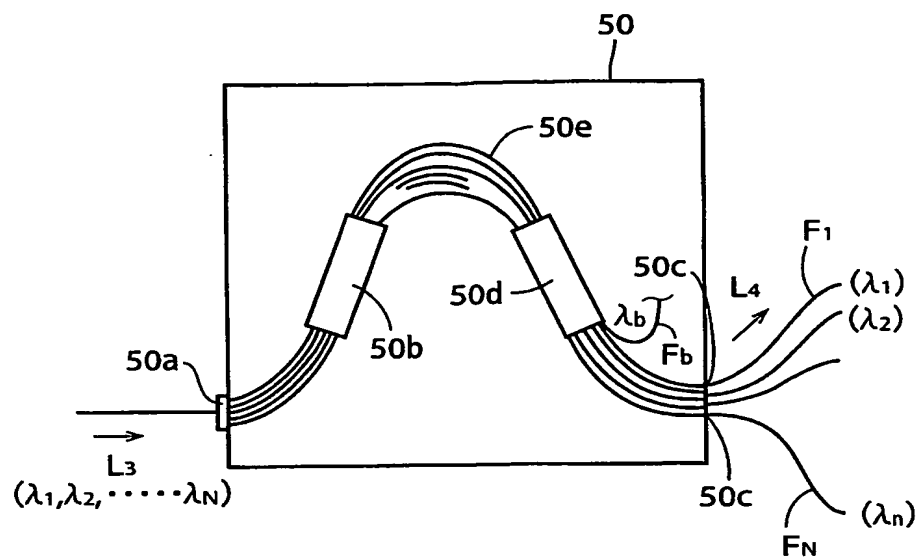
【図 5】



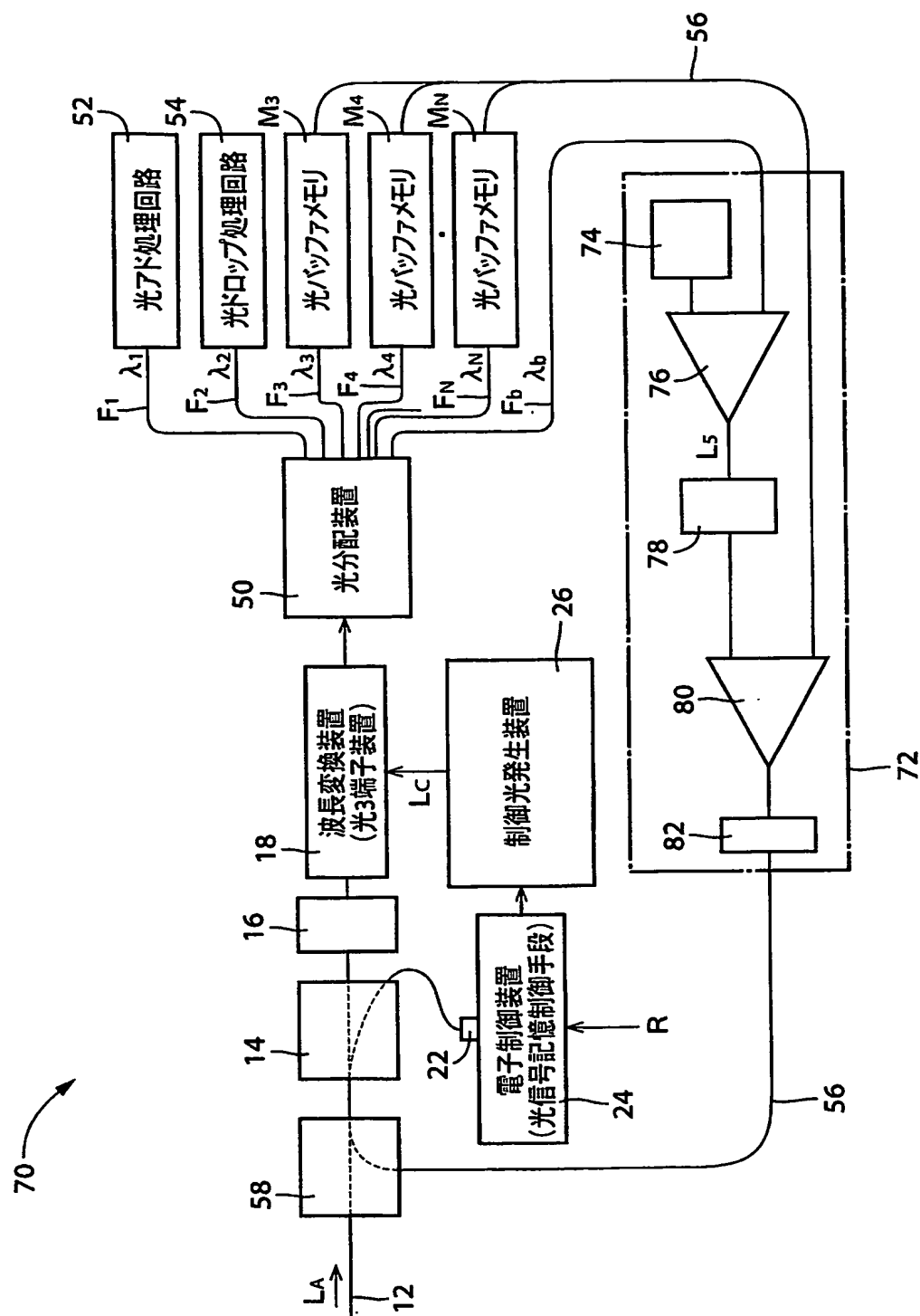
【図 6】



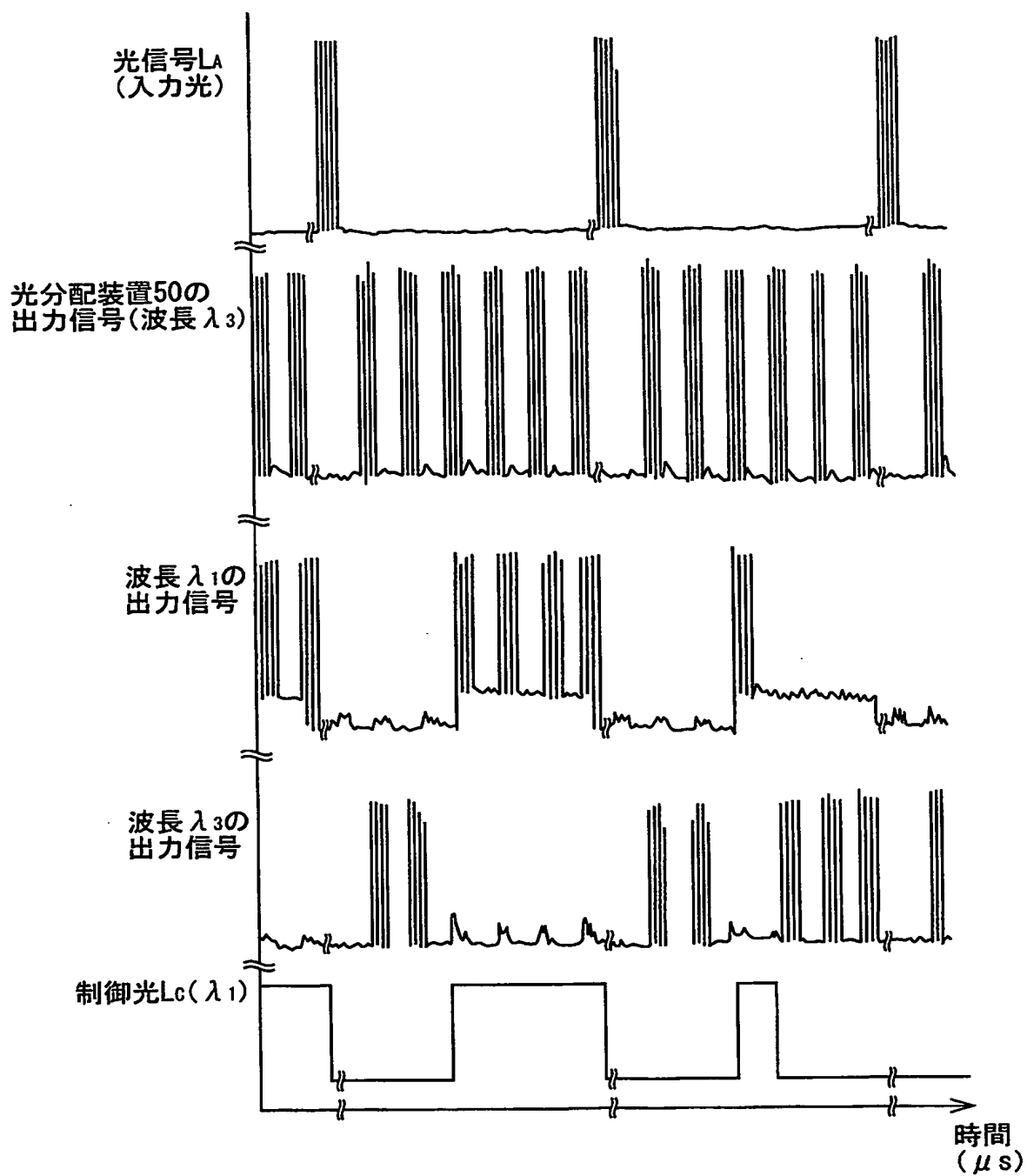
【図 7】



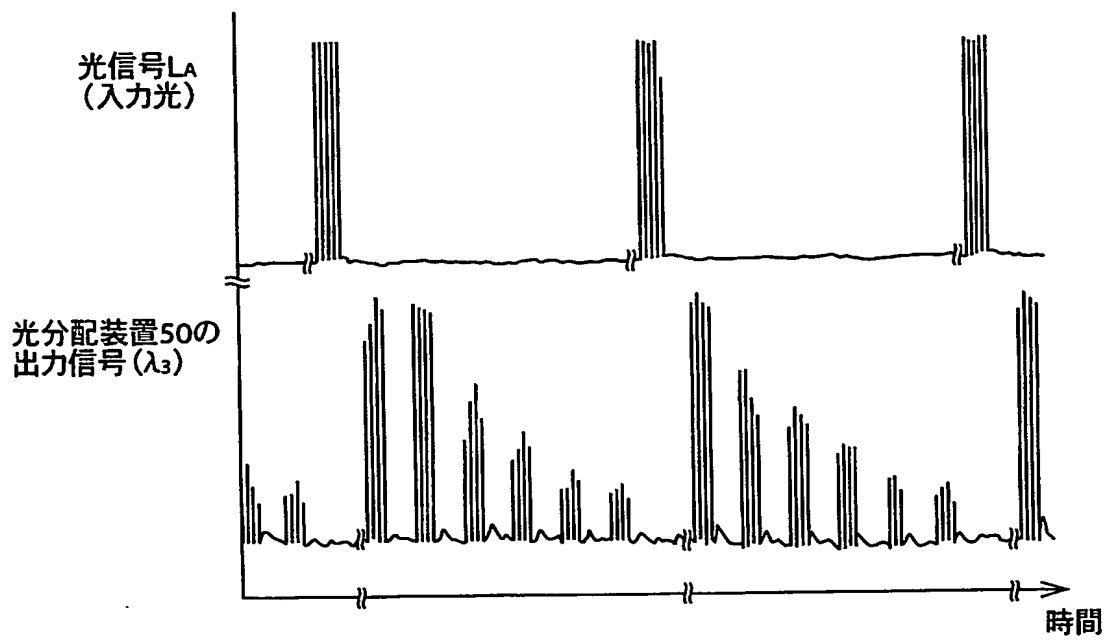
【図8】



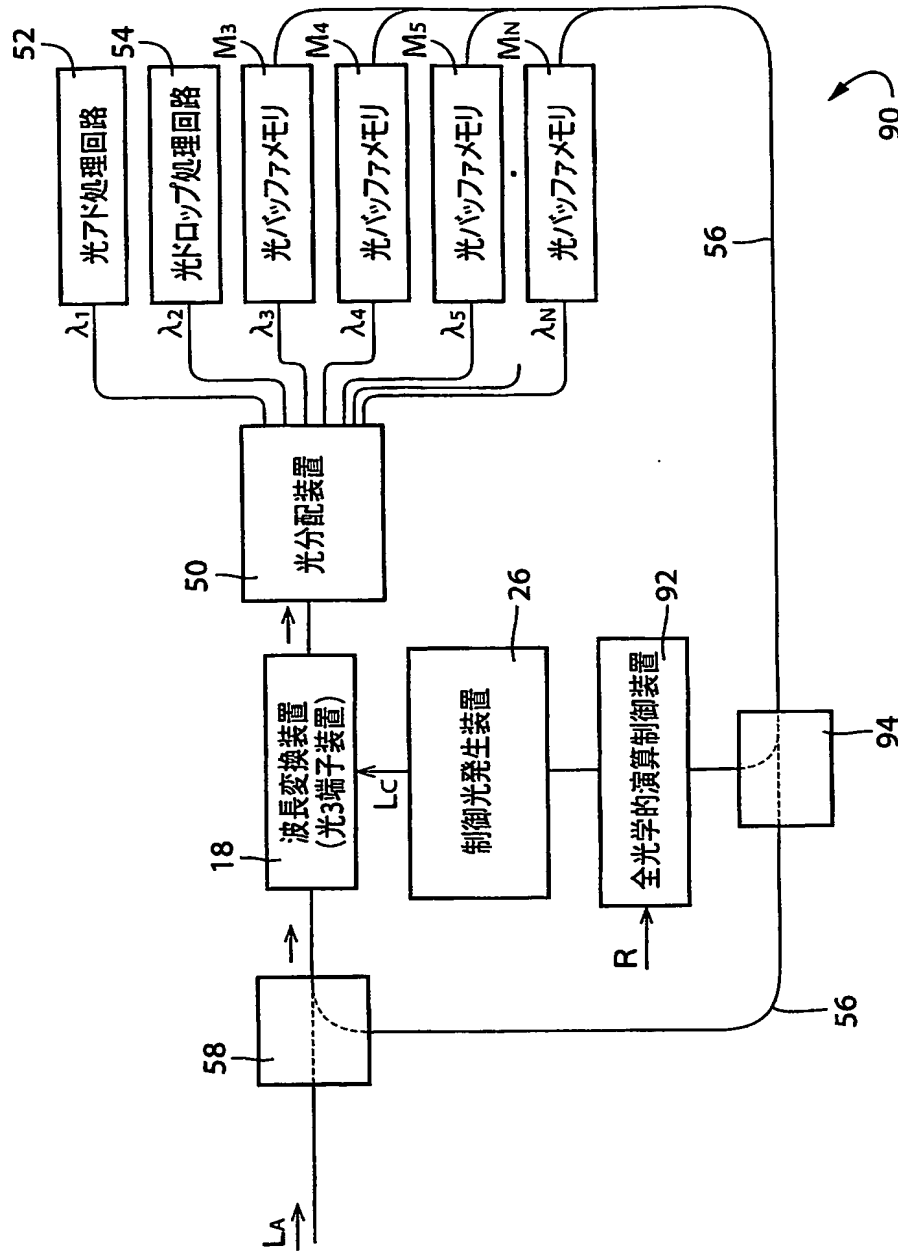
【図 9】



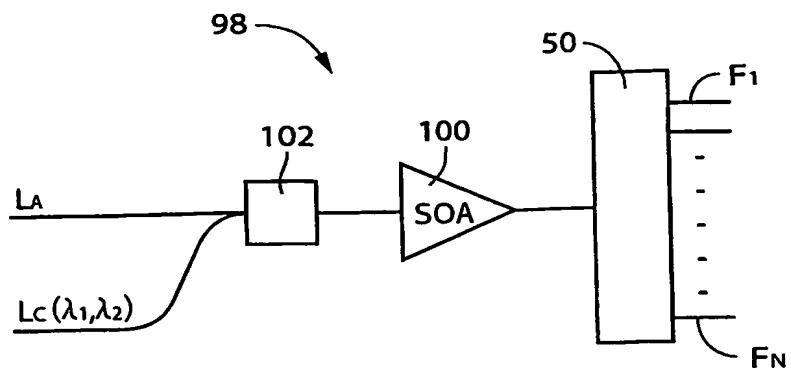
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 光信号を記憶し且つ任意の時間にそれを取り出すことができる光信号記憶装置およびそれを備えた光合波／分波装置を提供する。

【解決手段】 光信号記憶制御手段として機能する電子制御装置 24 は、帰還用光ファイバ 56、第 5 光カップラ 58、第 1 光カップラ 14、光遅延素子 16、波長変換装置 18、光分配装置 50、光バッファメモリ M_3 から成る周回路で繰り返し周回させられる光信号 L_A を相互利得変調型波長変換装置 18 において出力用波長 λ_1 に変換するための波長 λ_1 の制御光 L_c を制御光発生装置 26 から発生させるので、その光信号 L_A は、任意の時間だけ記憶されるとともに、外部から供給されるか或いは光信号 L_A に含まれる記憶信号出力情報（読出タイミング信号 R）が示す出力時期に応答して、任意のタイミング（取出し時刻）において時間光信号が取り出される。また、光信号ゲイン制御手段 72 を用いて光信号のゲインが一定に維持される。

【選択図】 図 8

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-287576
受付番号	50301302884
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成15年 8月 7日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 8月 6日
-------	-------------

特願 2003-287576

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[396020800]

1. 変更年月日

1998年 2月24日

[変更理由]

名称変更

住 所

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

氏 名

科学技術振興事業団